

南極大陸棚上に認められる地形の特徴と第四紀の東南極氷床変動史 —陸上地形地質の情報との関連性と今後の展望—

三浦英樹¹、太田晴美²、泉 紀明³、菅沼悠介¹、野木義史¹

¹ 国立極地研究所

² グローバルオーシャンディベロップメント

³ 海上保安庁

The glacial landforms and erosional features on the Antarctic continental shelf and the relevance to the Quaternary glacial histories of East Antarctic Ice Sheet

Hideki Miura¹, Harumi Ota², Noriaki Izumi³, Yusuke Suganuma¹ and Yoshifumi Nogi¹

¹ National Institute of Polar Research

² Global Ocean Development Inc.

³ Japan Coast Guard

Previous works about glacial history on land around the Lützow-Holm Bay and Mt. Riiser-Larsen regions indicate that the maximum expansion age of the East Antarctic Ice Sheet is not corresponding to the Last Glacial Maximum (LGM: ~23 to 19 ka) of the CLIMAP model. The various types of glacial landforms and erosional features on the continental shelf have been confirmed from the submarine topographic surveys using a multibeam echo-sounder with new vessel “Shirase” in JARE-51. These submarine topographic data suggest that East Antarctic Ice sheet had advanced to the limit of main continental shelf except for the Lützow-Holm Bay region probably since the last glaciation.

約 260 万年前以降の第四紀の地球規模気候変動において、氷床の変動はもっとも重要で基礎的な役割を担ってきた地球表層変動現象の要素のひとつである。特に、約 1.9~2.3 万年前の最終氷期最盛期（Last Glacial Maximum: LGM）に、地球上各地のどの氷床がどれほど拡大し、それぞれが地球上の海面低下にどれだけ寄与したのかを明確にすることは、地球システムのメカニズムを理解する上でとりわけ重要な課題のひとつである。これまでの LGM における南極氷床に関する研究としては、1981 年の CLIMAP モデルが重要であり、その報告では北半球氷床の拡大に伴う海面低下によって、南極氷床は大陸棚の末端まで面的に拡大したことが推定され、第四紀の南極氷床変動史の枠組みを考える上で、現在でも大きな影響を与えている（Stuiver *et al.*, 1981）。

日本南極地域観測隊でも、最終氷期の東南極氷床変動を明らかにする地形地質調査が最近までも続けられ、リュツォ・ホルム湾周辺の露岩地域では、JARE-37、40、45、47 において、隆起海浜堆積物に含まれる貝化石の放射性炭素年代と氷河堆積物の層序関係が明らかにされ、氷床が最後に最も拡大した時代は約 1.9~2.3 万年前の最終氷期最盛期ではなく、少なくとも 4.8 万年前を遡ることが明らかにされた（例えば、Miura *et al.* 1998）。また、JARE-38、40 で調査が行われたリーセル・ラルセン山周辺地域においては、氷河地形・堆積物の分布と氷河堆積物に挟在する湖成層の放射性炭素年代等から、最終間氷期以降の氷床縮小期を挟んで少なくとも 2 回の拡大が生じ、後半の氷床拡大は前半よりも小さかったことが明らかになった（例えば、Takada *et al.*, 1998）。さらに、セール・ロンダーネ山地では、宇宙線照射年代を用いた氷河地形・堆積物の編年・地形発達史が明らかにされ（例えば、Moriwaki *et al.*, 1992）、特に最近の JARE-51 の調査では第四紀後期にも内陸地域における氷床高度の周期的な変動が生じた可能性が指摘されている（本シンポジウムにおける三浦ほか（2010）の発表「南極セール・ロンダーネ山地の氷河地形発達史からみた第四紀の地球環境変動における東南極氷床変動の役割についての一考察」を参照）。このような、これまでの陸上の地形地質調査に基づいて、最終氷期中の東南極氷床変動の概要が明らかにされてきたが、特に、リュツォ・ホルム湾周辺から得られた結果は、CLIMAP モデルの推定とは大きく異なることから、我々が提示した氷床変動観には疑問が呈されてきた（Anderson *et al.*, 2002）。これまでの JARE における陸上地形地質調査の結果を補強するとともに、氷床体積の歴史を定量的に明らかにするためには、最終氷期の東南極氷床が、いつ、どこまで現在の大陸棚上に拡大したのかを知る必要がある。

第 51 次南極地域観測隊では、新「しらせ」に装備されたマルチビーム音響測深機によって、日本隊としてはじめて東南極周辺の大陸棚における海底地形の連続した面的な地形画像を取得した（観測の概要とデータの詳細は、本シンポジウムにおける泉ほか（2010）の発表「新「しらせ」による第 51 次からのマルチビーム測深機

を用いた海底地形調査の開始」を参照)。そのデータに基づいて、クラウン湾、リュッツォホルム湾、アムンゼン湾およびケープダンレー沖の各大陸棚上で、次のような観察と考察を行うことができた。

＜考察 1：過去に氷床が大陸棚外縁にまで到達した証拠＞

- ① ケープダンレー沖の大陸棚に認められるメガフルート（あるいは大規模氷河性線状構造）およびドラムリンと考えられる地形の存在から、過去に、少なくとも、この場所まで大陸氷床が拡大し、着底したことがあると考えられる。
- ② 大陸棚斜面の中でも、ガリーが発達している斜面とそうでない斜面がある。この違いが、大陸棚外縁まで氷床が達したことと関連しているのか、それとも場所による大陸棚斜面の傾斜角度に依存するのか、現時点では不明である。
- ③ リュッツォ・ホルム湾内の大陸棚の中でも、大陸に近い部分（特に水深 300-400m 以浅）では、基盤岩が露出していると考えられる地形が多く、他の地域とは様相が異なる。平坦ではない起伏を持つ基盤岩が露出している場所は、最終氷期に海面低下によって陸化した場所である可能性（堆積物が侵食された）や最終氷期に氷床に覆われなかった場所である可能性（古い氷河地形のみ残存している）がある。
- ④ 一方で、リュッツォ・ホルム湾の沖合の大陸棚の外側は、全般に地形面がなだらかであることから、堆積物に覆われているように見える。大陸棚内側の基盤岩が露出している場所との違いが何に由来するのか（大陸棚外縁まで氷床が達したことと関連しているのか等）さらに検討する必要がある。

＜考察 2：氷山による侵食地形の意義＞

- ① 大陸棚上で、溝の方向がランダムに変化する、水深の浅い方に向かって幅が広がる、侵食された溝が急に角度を変える場合もあるといった特徴から、氷山による侵食地形と判断できる。
- ② 氷山が通過しやすい程度に水深が深い（水深が浅すぎたり、風上方向に高まりがあると氷山は来られない）場所では、特に多数の氷山の侵食地形が認められる傾向がある。
- ③ 大陸に近く、それより浅く平坦な大陸棚には、クレーター状の地形が多数認められる。これは、氷山からのドロップストーンによって形成された可能性と、氷山の底の先端部が海底面に着底して存在したときに、その周囲が海流、潮流等で侵食されて形成された可能性の両方が考えられる。
- ④ 氷山による侵食地形が存在する場所は、基盤岩が露出しているのではなく、侵食される堆積物が存在している場所と考えられる。また、極めて平坦でかつ氷山による侵食地形が認められる大陸棚上は、目立った氷河地形が認められなくても、過去に氷床が着底し、氷河堆積物が覆っている可能性があるといえる。
- ⑤ 氷山による侵食地形がもっとも深い水深で認められる深さは約 500m であり、もっとも頻繁に認められる深度は約 200～400m である。この事実は、氷山になる直前の氷床の厚さが、少なくともこれより厚くなることがありうることを意味している。

以上のように、年代は確定できないが、調査地域のほとんどの大陸棚末端までかつて氷床が拡大して着底した証拠が認められるが、リュッツォ・ホルム湾内の一部には厚い堆積物が認められないと判断できる部分が存在することが明らかになった。これが、リュッツォ・ホルム湾内における氷床が進出できないようなローカルな場の条件の特異性に由来するのか現時点では、不明である。また、リュッツォ・ホルム湾沿岸の陸上調査から明らかにされた約 4.8 万年前の氷床拡大期における氷床末端位置が大陸棚上のどこにあるのかも現時点のデータでは不明である。年代の決定に必要な将来の海底堆積物コアの採取地点を検討する上でも、大陸棚上における高範囲の鮮明な海底地形画像が、今後の調査でも引き続き得られることが望まれる。

References

- Anderson, J.B., Shipp, S.S., Lowe, A.L., Wellner, J.S., Mosola, A.B., The Antarctic Ice Sheet during the Last Glacial Maximum and its subsequent retreat history: a review. *Quaternary Science reviews*, 21, 49-70, 2002.
- Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A. and Moriwaki, K., Distribution of the raised beach deposits and marine fossils with radiocarbon dates around the Lützow-Holm Bay region, east Antarctica. *Special Map Series of National Institute of Polar Research*, No. 6 (with explanatory text, 46p), 1998.
- Moriwaki, K., Hirakawa, K., Hayashi, M., Iwata, S., Late Cenozoic glacial history in the Sor-rondane Moynants, East Antarctica. Yoshida Y. et al eds. *Recent Progress in Antarctica Earth Science*. Terra Scientific Publishing, 661-667, 1992.
- Stuiver, M., Denton, G.H., Hughes, T.J. and Fasook, J.L., History of the marine ice sheet in West Antarctica during the last glaciation: a working hypothesis. Denton, G.H. and Hughes, T.J. (eds.) *The Last Great Ice Sheets*: 319-436, John Wiley & Sons, 1981.
- Takada, M., Miura, H. and Zwart, D.P., Radiocarbon and thermo-luminescence ages in the Mt. Riiser-Larsen area, Enderby Land, East Antarctica. *Polar Geoscience*, 11, 249-259, 1998.